

Simulasi Antena Mikrostrip Patch Persegi Panjang Planar Array 6 Elemen dengan Pencatuan *Aperture Coupled* untuk Aplikasi CPE WiMAX pada Frekuensi 3,3-3,4 GHz

Rezki Ananda Gusma*, Yusnita Rahayu**, Linna Oktaviana Sari**

*Alumni Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email: tora_gusma@yahoo.com

ABSTRACT

WiMAX technology has high data transfer speed, large access range and mobility capability. To access the WiMAX network required Customer Premise Equipment (CPE). CPE require a little dimension antenna and integrated it easily. Therefore, microstrip antenna is a good candidate for this application. This paper, discuss design of 6 elements planar array rectangular microstrip patch antenna that can be used for CPE WiMAX application in 3.3 GHz (3.3-3.4 GHz). Microstrip antenna is designed using *Aperture Coupled* technique to improve the bandwidth. The design and simulation of microstrip antenna require Ansoft HFSS v.13. The simulation results show that antenna can operates in 3.3-3.4 GHz frequency. The value of the impedance bandwidth is 203.5 MHz (3.2405 to 3.444 GHz) or 6.09 % at $VSWR \leq 1.5$ and gain is 7.4358 dBi.

Keywords: CPE WiMAX, Planar Array, *Aperture Coupled*, VSWR, Gain.

I. PENDAHULUAN

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) merupakan teknologi *Broadband Wireless Access* (BWA) yang memiliki kecepatan transfer data maksimum hingga 70 Mbps dan jangkauan akses luas hingga 50 km [Jindal dan Grover, 2013]. Berdasarkan Keputusan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 05/KEP/M. KOMINFO/01/2009, pita frekuensi yang akan digunakan untuk teknologi WiMAX di Indonesia adalah 3,3 GHz [M.KOMINFO, 2009]. Jaringan WiMAX terdiri dari *Base station* (BS) dan *Subscriber station* (SS). Untuk mengakses jaringan WiMAX, diperlukan *Customer Premise Equipment* (CPE) di *subscriber station*. Antena merupakan komponen penting dari CPE. Antena mikrostrip adalah antena yang cocok untuk CPE karena ukuran kecil dan mudah diintegrasikan pada CPE tetapi memiliki *bandwidth* yang sempit [Rahmadyanto, 2009]. Pada penelitian sebelumnya [Rambe, 2008], telah dirancang antena mikrostrip *patch* segiempat yang terdiri dari 4 elemen dengan pencatuan *Aperture Coupled* untuk aplikasi CPE WiMAX di 2,3 GHz yang menghasilkan *bandwidth* sebesar 253,2 MHz pada $VSWR \leq$

1,5. Pada penelitian ini akan dirancang sebuah antena mikrostrip untuk aplikasi CPE WiMAX yang beroperasi pada frekuensi 3,3 GHz (3,3-3,4 GHz). Simulator yang digunakan untuk merancang antena ini adalah Ansoft HFSS 13.0. Untuk mendapatkan *bandwidth* yang lebar (100 MHz), rancangan ini menggunakan teknik pencatuan *Aperture Coupled*. Antena mikrostrip terdiri dari 6 elemen yang disusun secara *planar array* untuk mendapatkan pola radiasi *directional* dengan $gain \geq 6$ dBi.

Antena Mikrostrip Patch Persegi Panjang

Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung dimensi *patch* berbentuk persegi panjang pada antena mikrostrip [Wijaya, 2009]:

1. Perhitungan lebar *patch* (W)

Lebar *patch* dihitung dengan persamaan:

$$W = \frac{c}{2f_r \sqrt{\frac{(\epsilon_r + 1)}{2}}} \quad (1)$$

2. Perhitungan Panjang Patch (L)

Untuk menentukan panjang *patch* (L) diperlukan parameter ΔL yang merupakan pertambahan panjang dari L akibat adanya *fringing effect*. Pertambahan panjang dari L (ΔL) tersebut dirumuskan:

$$\Delta L = 0,412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)} \quad (2)$$

ϵ_{reff} adalah konstanta dielektrik efektif yang dirumuskan:

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{h}{W} \right)}} \right) \quad (3)$$

Dengan demikian panjang *patch* (L) diberikan oleh:

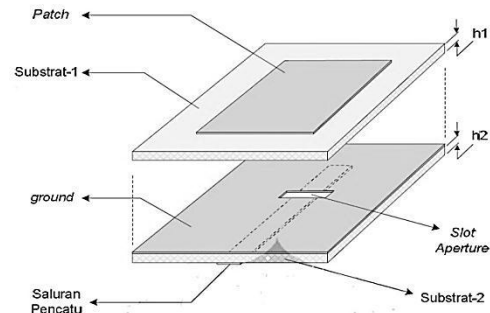
$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (4)$$

Dimana L_{eff} merupakan panjang *patch* efektif yang dapat dirumuskan dengan:

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (5)$$

Teknik Pencatutan *Aperture Coupled*

Salah satu teknik yang populer, sederhana dan mudah dipabrikasi adalah teknik *line feed*, tetapi teknik ini menghasilkan *bandwidth* yang tidak lebar (biasanya 2-5 %) [Rambe, 2008]. Untuk kebutuhan mendapatkan *bandwidth* yang lebar, salah satu teknik yang dapat digunakan adalah dengan teknik pencatutan *aperture coupled*. Arsitektur teknik pencatutan ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Teknik Pencatutan *Aperture Coupled*

Pada konfigurasi teknik pencatutan *aperture coupled*, pengkopelan dari saluran pencatu (*feed-line*) ke *patch* melalui sebuah *aperture* kecil berupa *slot* pada bidang pentanahan (*ground plane*). Umumnya *slot aperture* tersebut ditempatkan di tengah bawah dari *patch* [Rambe, 2008]. Dengan pengoptimalan beberapa parameter termasuk dimensi *slot aperture*, maka dapat dicapai *bandwidth* mendekati 70 % [Rambe, 2008]. Untuk menentukan dimensi *slot aperture* dari teknik pencatutan ini dapat digunakan persamaan berikut [Rambe, 2008]:

Panjang *slot aperture* (L_a):

$$L_a = 0,2 \lambda_0 \quad (6)$$

Lebar *slot aperture* (W_a):

$$W_a = 0,1 L_a \quad (7)$$

II. METODOLOGI PENELITIAN

Menentukan Karakteristik Antena

Berdasarkan keputusan Dirjen Postel tentang spesifikasi minimum Persyaratan Teknis Alat dan Perangkat Telekomunikasi antena *Subscriber BWA WiMAX*, maka diharapkan antena hasil rancangan memenuhi beberapa parameter elektrik yang meliputi: Frekuensi kerja 3,3 GHz (3,3-3,4 GHz), Impedansi terminal 50 Ω koaksial, Konektor SMA, *Bandwidth* 100 MHz, VSWR $\leq 1,9$ dan *Gain* ≤ 15 dBi.

Menentukan Jenis Subtrat yang Digunakan

Pada penelitian ini digunakan substrat FR4 (*Epoxy*) dengan ketebalan 1,6 mm dengan spesifikasi pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Substrat yang digunakan

Jenis Substrat	FR4 (<i>Epoxy</i>)
Konstanta Dielektrik Relatif (ϵ_r)	4,4
<i>Dielectric Loss Tangent</i> ($\tan \delta$)	0,02
Ketebalan Substrat (h)	1,6 mm

Perancangan Antena Mikrostrip Patch Persegi Panjang Planar Array 6 Elemen

Perancangan antenna terdiri dari dua tahapan, yaitu desain manual dan simulasi antenna. Tahapan pertama adalah desain manual, yaitu perhitungan ukuran antenna meliputi *patch* antenna, *slot aperture*, lebar saluran pencatu 50 Ω dan *T-Junction*. Perhitungan *patch* dengan menggunakan persamaan (1) sampai (5). Dari hasil perhitungan diperoleh panjang dan lebar *patch* 21 dan 27,25 mm. Jarak antar elemen antenna dirancang dalam penelitian ini sekitar setengah dari panjang gelombang ($d = \lambda / 2$) [Rambe, 2008].

$$d = \frac{c}{2f} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 3,35 \times 10^9} = 44,78 \text{ mm} \quad (8)$$

Pada perancangan antenna 6 elemen ini diharapkan diperoleh *magnitude* ≥ 6 dB. Peningkatan *magnitude* tersebut mengindikasikan adanya peningkatan *gain* dari antenna.

Slot Aperture yang digunakan adalah bentuk persegi panjang yang ditempatkan tepat di bagian tengah bawah setiap *patch*. Sedangkan dimensi *slot aperture* ditentukan dengan menggunakan persamaan (6) dan (7) sehingga diperoleh lebar (W_a) dan panjang (L_a) *slot aperture* adalah 1,8 mm dan 18 mm.

Saluran pencatu yang digunakan dalam desain ini memiliki impedansi 50 Ω . Untuk mendapatkan lebar pencatu yang menghasilkan impedansi 50 ohm dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (9) dan (10) [Rahmadyanto, 2009]:

$$B = \frac{60 \times 4,4^2}{50 \times \sqrt{4,4}} = 5,64 \quad (9)$$

$$W = \frac{2 \times 1,6}{3,14} \times \left\{ \begin{aligned} &5,64 - 1 - \ln((2 \times 5,64) - 1) + \frac{4,4 - 1}{2 \times 4,4} \times \\ &\left[\ln(5,64 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,4} \right] \end{aligned} \right\} = 3,06 \text{ mm} \quad (10)$$

Dari hasil perhitungan diperoleh lebar pencatu 50 Ω adalah 3,06 mm. Sementara panjang awal dari panjang pencatu (l_p) sebesar 19 mm.

Rancangan antenna ini menggunakan *T-junction* yang berfungsi sebagai *Power Divider*. *T-junction* digunakan memiliki impedansi 70,71 Ω dan 86,6 Ω . Untuk mendapatkan lebar pencatu dari 70,71 Ω dihitung dengan menggunakan persamaan (11) dan (12) [Rahmadyanto, 2009]:

$$B = \frac{60 \times 4,4^2}{70,71 \times \sqrt{4,4}} = 3,98 \quad (11)$$

$$W = \frac{2 \times 1,6}{3,14} \times \left\{ \begin{aligned} &3,98 - 1 - \ln((2 \times 3,98) - 1) + \frac{4,4 - 1}{2 \times 4,4} \times \\ &\left[\ln(3,98 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,4} \right] \end{aligned} \right\} = 1,6 \text{ mm} \quad (12)$$

Untuk menghitung panjang pencatu 70,71 Ω dihitung dengan persamaan (13) hingga (16) [Rahmadyanto, 2009]:

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{89,55}{\sqrt{3,17}} = 50,29 \quad (13)$$

Dimana ϵ_{eff} adalah konstanta dielektrik efektif dihitung dengan persamaan:

$$\frac{w}{h} = \frac{2}{3,14} \times \left\{ \begin{aligned} &3,98 - 1 - \ln((2 \times 3,98) - 1) + \frac{4,4 - 1}{2 \times 4,4} \times \\ &\left[\ln(3,98 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,4} \right] \end{aligned} \right\} = 0,997 \quad (14)$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{4,4 + 1}{2} + \frac{4,4 - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{1}{0,997} \right)}} \right) = 3,17 \quad (15)$$

Jadi, panjang pencatu 70,71 Ω adalah:

$$l = \frac{\lambda_g}{4} = \frac{50,29}{4} = 12,57 \text{ mm} \quad (16)$$

Dari perhitungan di atas diperoleh lebar dan panjang saluran pencatu 70,71 Ω masing-masing sebesar 1,6 mm dan 12,57 mm. Selain impedansi 70,71 Ω , perancangan juga dilakukan untuk impedansi 86,6 Ω , yaitu impedansi untuk 3 titik pencabangan. Dengan perhitungan yang sama, diperoleh lebar dan panjang saluran pencatu 86,6 Ω masing-masing sebesar 0,98 mm dan 12,77 mm.

Simulasi Antena Mikrostrip

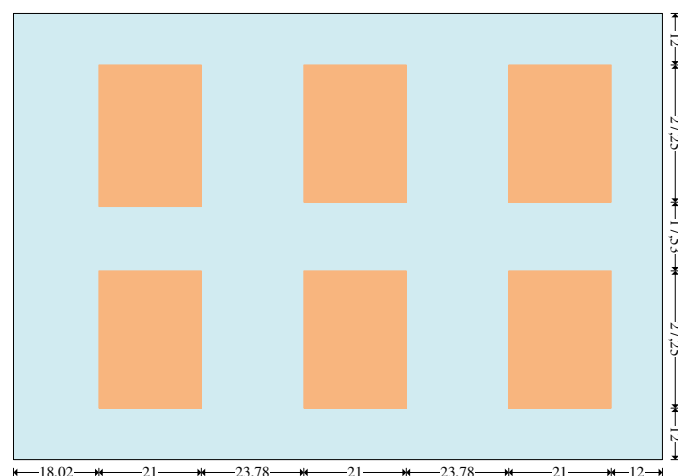
Setelah dilakukannya desain manual antena, maka tahap selanjutnya adalah simulasi antena menggunakan perangkat lunak *Ansoft HFSS 13.0*. Apabila setelah dilakukan *report* hasil yang didapat tidak memenuhi dari spesifikasi yang diinginkan, maka dilakukan pengkarakterisasian antena untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Karakterisasi Antena Mikrostrip

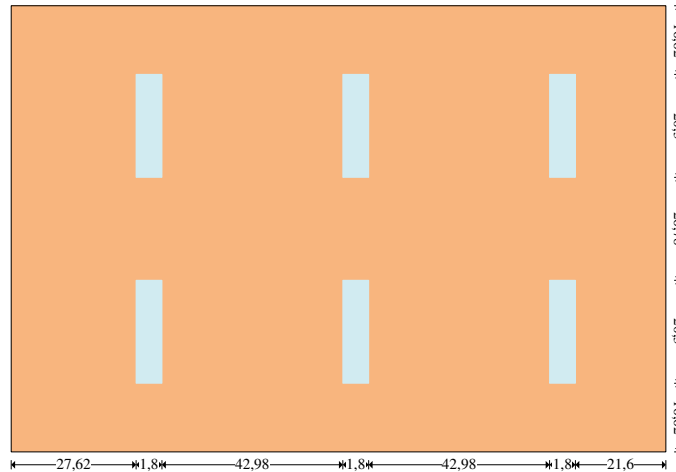
Secara teori umum, untuk menggeser frekuensi kerja dari antena yang diinginkan adalah dengan memperbesar atau memperkecil dimensi *patch* antena. Akan tetapi pada rancangan ini, digunakan teknik pencatutan *Aperture Coupled* yang memiliki berbagai parameter yang dapat dimodifikasi untuk mendapatkan karakteristik yang diinginkan, yaitu panjang saluran pencatu dan dimensi *slot aperture*. Dengan demikian untuk memudahkan rancangan antena, maka parameter yang digunakan pada pengkarakterisasian ini hanya berupa perubahan panjang saluran pencatu dan dimensi *slot aperture*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

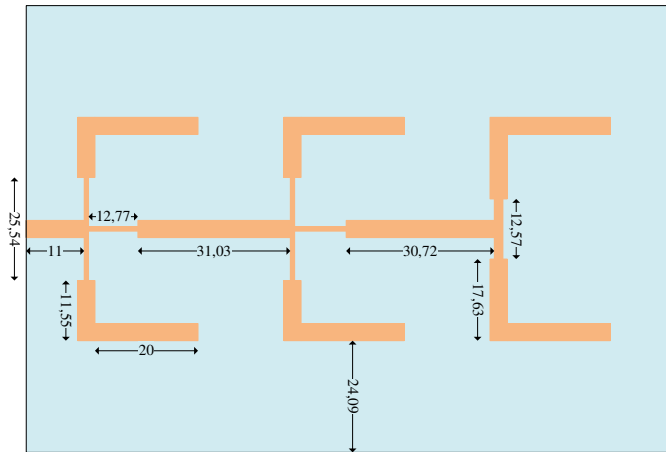
Gambar 2 adalah geometri beserta dimensi rancangan antena mikrostrip *patch* persegi panjang *planar array* 6 elemen dengan pencatutan *aperture coupled*.



(a) Tampak atas substrat 1



(b) Tampak atas substrat 2



(c) Tampak bawah substrat 2

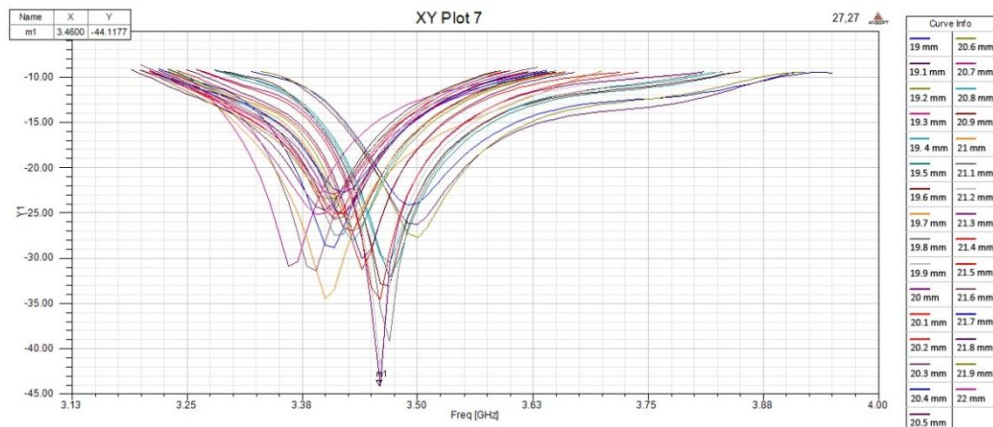
Gambar 2. Geometri Rancangan Akhir Antena Mikrostrip *Patch* Persegi Panjang Planar Array 6 Elemen dengan Pencatutan *Aperture Coupled*

Antena ini menggunakan 2 substrat, yaitu substrat 1 dan 2. Jarak antara substrat 1 dengan substrat 2 adalah 3 mm. Bagian atas substrat 1 terdiri atas 6 elemen (*patch*) yang memiliki ukuran yang sama, yaitu $27,25 \times 21$ mm. Bagian atas substrat 2 merupakan *ground plane* yang terdiri dari 6 *slot aperture*, dimana setiap *slot aperture* tersebut ditempatkan tepat di tengah bawah setiap *patch*. Masing-masing *slot aperture* memiliki ukuran yang sama, yaitu $20,3 \times 1,8$ mm. Sedangkan bagian bawah substrat 2 adalah konfigurasi saluran pencatu, konfigurasi saluran pencatu pada rancangan antena ini terdiri atas 1 buah *T-Junction* yang memiliki

impedansi 70,71, 2 buah *T-Junction* yang berimpedansi 86,6, saluran pencatu 50Ω vertikal dan horizontal. Panjang saluran pencatu 50Ω vertikal adalah 20 mm.

Karakterisasi Panjang Pencatu

Gambar 3 memperlihatkan karakterisasi dari rancangan antena dengan mengubah hanya panjang saluran pencatu sedangkan parameter lainnya tetap. Perubahan panjang saluran pencatu yang dibuat adalah mulai dari 19 mm hingga 22 mm dengan kenaikan 0,1 mm dan parameter yang tetap adalah dimensi *patch* ($21 \times 27,25$ mm) dan dimensi *slot aperture* ($18 \times 1,8$ mm).

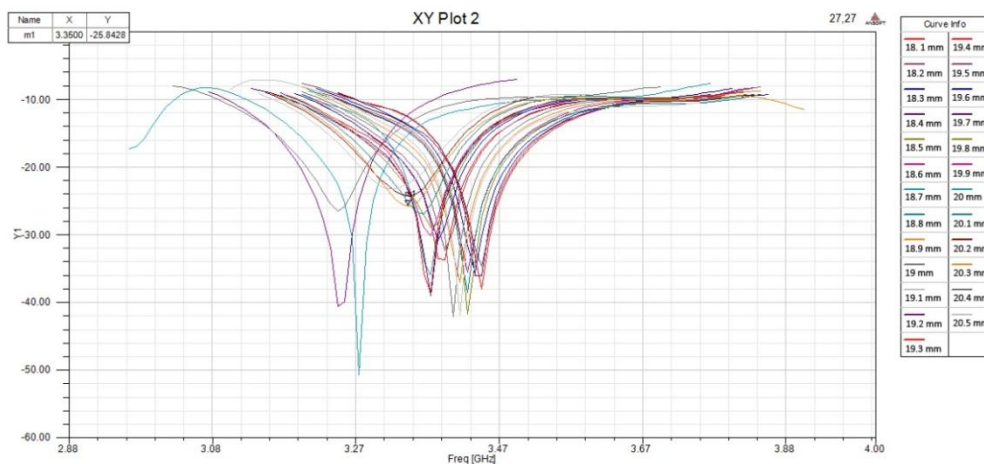


Gambar 3. *Return Loss* dengan Perubahan Panjang Saluran Pencatu 6 Elemen

Perubahan panjang saluran pencatu ini bertujuan untuk mendapatkan nilai VSWR dan *Return loss* minimum. Gambar 3 merupakan grafik frekuensi (sumbu x) versus *return loss* (sumbu y). Dari grafik tersebut diperoleh nilai *return loss* sebesar -44,1177 dB pada frekuensi 3,46 GHz. Nilai *return loss* minimum diperoleh pada panjang saluran pencatu sebesar 20 mm.

Karakterisasi Dimensi *Slot Aperture*

Gambar 4 memperlihatkan karakterisasi dengan perubahan panjang *slot aperture*. Perubahan panjang saluran pencatu yang dibuat adalah mulai dari 18,1 mm hingga 20,5 mm dengan kenaikan 0,1 mm. Sedangkan parameter yang tetap adalah dimensi *patch* (21 x 27,25 mm) dan panjang saluran pencatu (20 mm).



Gambar 4. *Return Loss* dengan Perubahan Panjang *Slot Aperture* 6 Elemen

Sebelumnya, perubahan panjang pencatu diperoleh *return loss* minimum pada frekuensi 3,46 GHz. Frekuensi ini tidak sesuai dengan frekuensi kerja antenna yang diinginkan, yaitu 3,35 GHz. Untuk dapat menggeser frekuensi kerja menjadi 3,35 GHz adalah dengan memperbesar panjang *slot aperture* menjadi 20,3 mm. Gambar 4 merupakan grafik frekuensi

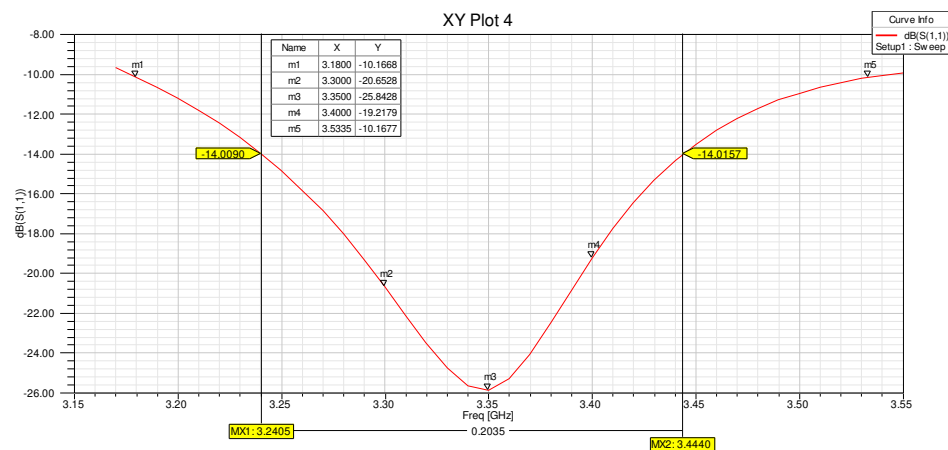
(sumbu x) versus *return loss* (sumbu y). Dari grafik tersebut diperoleh nilai *return loss* sebesar -25,8428 dB pada frekuensi 3,35 GHz.

Return loss

Gambar 5 merupakan grafik frekuensi (sumbu x) versus *return loss* (sumbu y). Dari grafik dapat dilihat bahwa

frekuensi 3,3 GHz memiliki *return loss* sebesar -20,6528 dB dan frekuensi kerja

3,4 GHz memiliki *return loss* sebesar -19,2179 dB.

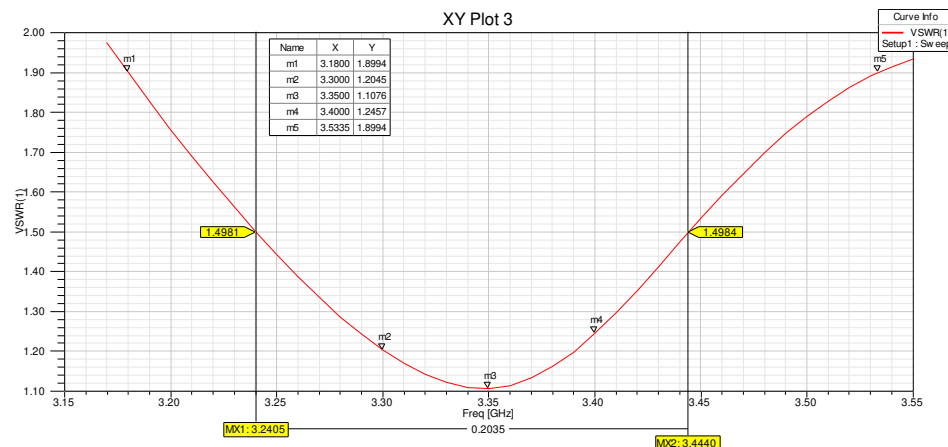


Gambar 5. Grafik *Return Loss* Mikrostrip 6 Elemen

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Gambar 6 merupakan grafik frekuensi (sumbu x) versus VSWR (sumbu y). Pada grafik dapat dilihat bahwa antenna

telah memenuhi frekuensi kerja yang diinginkan, yaitu pada frekuensi 3,3-3,4 GHz mempunyai $VSWR \leq 1,9$ yang merupakan frekuensi operasi WiMAX.



Gambar 6. Grafik VSWR Mikrostrip 6 Elemen

Pada Gambar 6 dilihat bahwa nilai VSWR pada frekuensi 3,3 GHz sebesar 1,2045 dan frekuensi 3,4 GHz sebesar 1,2457.

Adapun *bandwidth* yang dicapai antenna dapat dilihat pada Tabel 2.

Perancangan antenna mikrostrip 6 elemen dengan teknik pencatutan *Aperture Coupled* memiliki *bandwidth* mencapai 10,53 % pada $VSWR \leq 1,9$.

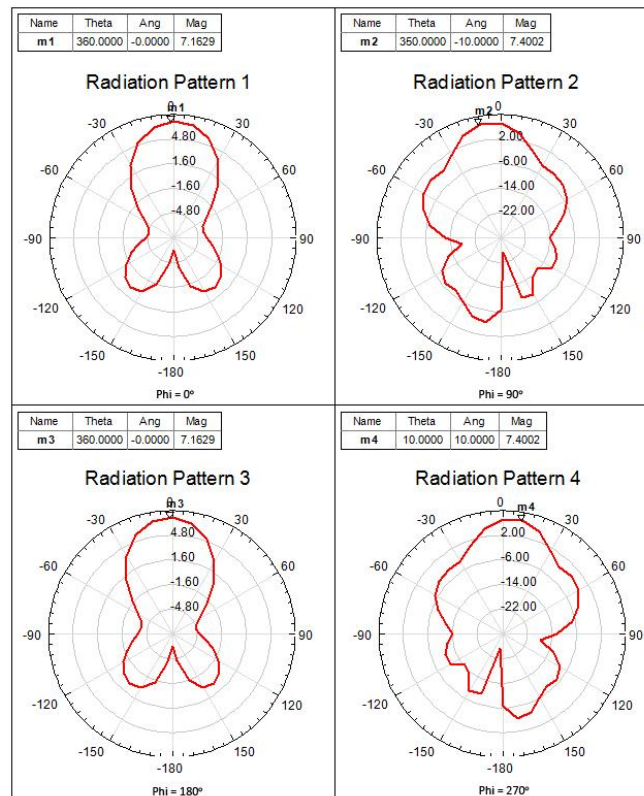
Tabel 2. *Bandwidth* Antena

VSWR	Frekuensi Atas (GHz)	Frekuensi Bawah (GHz)	Frekuensi Tengah (GHz)	<i>Bandwidth</i> (MHz)	<i>Bandwidth</i> (%)
$\leq 1,9$	3,18	3,5335	3,3568	353,5	10,53
$\leq 1,5$	3,2405	3,444	3,342	203,5	6,09

Bandwidth dengan teknik pencatutan *Aperture coupled* ini lebih besar jika dibandingkan dengan teknik pencatutan *microstrip line* yang hanya mencapai 2-5 % saja.

Pola Radiasi

Pola radiasi yang didapat dari desain antenna dapat dilihat pada Gambar 7. Pola radiasi yang didapat adalah bentuk pola *directional*, yaitu fokus pada satu arah tertentu.

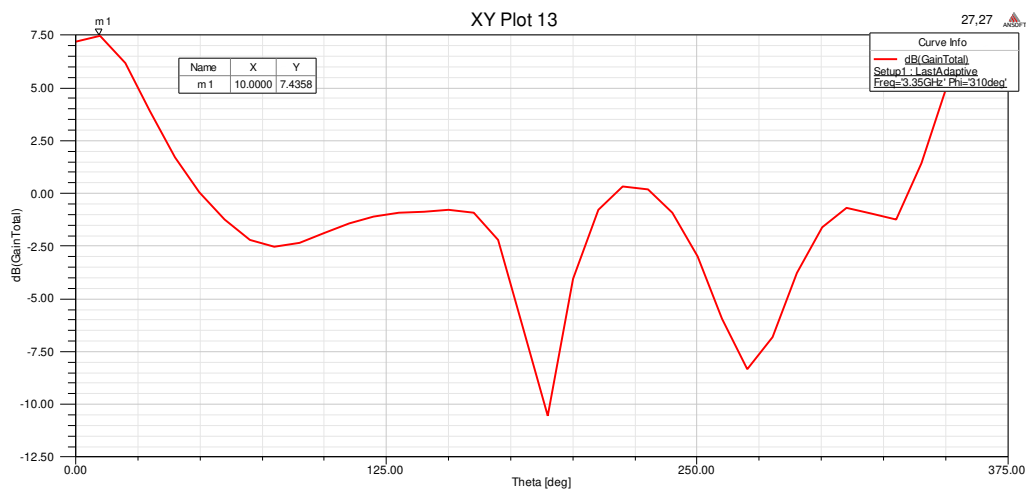


Gambar 7. Pola Radiasi Mikrostrip 6 Elemen

Gain

Gambar 8 memperlihatkan bahwa *gain* dari antenna mencapai 7,4358 dBi.

Gain ini sudah mencapai sesuai spesifikasi yang diinginkan, yaitu $gain \geq 6$ dBi.



Gambar 8. Gain Mikrostrip 6 Elemen

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil simulasi dari rancangan antenna mikrostrip *patch* persegi panjang *planar array* 6 elemen dengan teknik pencatutan *aperture coupled* mampu beroperasi pada frekuensi 3,3-3,4 GHz. Antena ini memiliki *bandwidth* sebesar 353,5 MHz (10,53%) pada $VSWR \leq 1,9$ dan 203,5 MHz (6,09%) pada $VSWR \leq 1,5$ dan memiliki pola radiasi *directional* dengan *gain* sebesar 7,4358 dBi.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan karakterisasi antenna mikrostrip yang lebih bervariasi sehingga didapatkan hasil yang lebih baik lagi dan melakukan fabrikasi antenna yang telah disimulasikan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada ibu Dr. Yusnita Rahayu, ST., MT dan ibu Linna Oktaviana Sari ST., MT selaku pembimbing yang telah mengarahkan dan membimbing penulis selama penelitian ini. Terima kasih kepada kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama ini. Terima kasih kepada para sahabat Nithron dan rekan-rekan Teknik Elektro Angkatan 2009 yang telah banyak membantu penulis dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Daryanto. 2011. Rancang Bangun Antena Mikrostrip MIMO 2x2 Elemen Peradiasi Segitiga untuk Aplikasi WiMAX. Skripsi Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik. Jakarta: Universitas Indonesia (UI)
- Jindal, G. dan Grover, V. 2013. *Voice and Video over the WiMAX. International Journal for Computer Application and Research (IJCAR)*. 1:18-25.
- Keputusan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor : 05/KEP/M.KOMINFO/01/2009 Tentang Penetapan Blok Pita Frekuensi Radio dan Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel (*Wireless Broadband*) Pada Pita Frekuensi Radio 3.3 GHz untuk Pengguna Pita Frekuensi Radio Eksisting untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (*Wireless Broadband*). Available at: [Http://publikasi.kominfo.go.id/handle/54323613/61](http://publikasi.kominfo.go.id/handle/54323613/61). [17 Oktober 2013]
- Pramono, Sigit. 2011. Rancang Bangun *Linear Tapered Slot* Antena dengan Pencatutan *Microstrip Line* untuk Aplikasi WRAN 802.22. Tesis Program Pasca Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik Jakarta: Universitas Indonesia (UI)
- Rahmadyanto, Heri. 2009. Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Slot Triangular Array* 8 Elemen dengan Pencatutan *Microstrip Feed Line* Secara Tidak Langsung untuk Aplikasi CPE Wimax. Skripsi Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik. Jakarta: Universitas Indonesia (UI)
- Rambe, Ali Hanafiah. 2008. Rancang Bangun Antena Mikrostrip Segiempat untuk Aplikasi CPE WiMAX. Tesis Program Pasca Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik. Jakarta: Universitas Indonesia (UI)
- Wijaya. 2009. Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Rectangular Array* 8 Elemen dengan Pencatutan *Electromagnetically Coupled* untuk Aplikasi Wimax. Skripsi Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik. Jakarta: Universitas Indonesia (UI)